

トピックス

佐賀シンクロトロン光計画について

鎌田雅夫^{1*}, 江田茂¹, 近藤祐治², 小川博司¹¹佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター²佐賀大学ベンチャービジネスラボラトリー

Saga Synchrotron Light Project

Masao KAMADA¹, Shigeru KODA¹, Yuji KONDO² and Hiroshi OGAWA¹¹Synchrotron Light Application Center, Saga University²Venture Business Laboratory, Saga University

Abstract

The Saga Synchrotron-Light Project is introduced. The Project is supported by the Saga prefecture government with academic advices from Saga University. The building is under construction at Tosu city in Kyusyu area. The Saga Ring of 1.4 GeV will be operational within three years. The concept and historical review of the Project are briefly reported as well as the parameters and brilliance spectra of the Saga Ring.

1. はじめに

シンクロトロンからの軟 X 線が1953年に見出されてから、ほぼ半世紀になろうとしている。この間日本は、いち早くシンクロトロン放射光の有用性に着目して先進的な研究成果を上げるばかりではなく、SOR-RING, PF, UV-SORなどの全国共同利用放射光専用リングの建設とそれらを利用した世界的な研究成果を生み出してきた。また産業利用にも放射光が注目され、小型の企業専用リングが多く建設・利用されてきた。現在では、第三世代高輝度光源で世界最高エネルギーを有する Spring-8 や大学（広島大学、姫路工業大学、立命館大学）の有する中小型リングが加わり、世界的放射光先進国になっている。最近では、これらの資産の更新・高度化と全国的規模の第三世代真空紫外・軟 X 線高輝度光源計画があり、大いなる発展が期待されている。

その一方で、これほど放射光利用のアクティビティが高い日本でありながら、広島より西、筑波より北には放射光施設が存在していない。これらの地域の研究者は、はるばる高い旅費と装置の運搬費ならびに労力・時間を使って、ビームタイムに合わせて利用に出かけているという事情にある。放射光利用研究がより精密でより高度になるにつれ、十分なビームタイムに基づく系統的な研究が求められるとともに、試料も出来たてのホヤホヤ状態で計ることの重要性が高まりつつある。したがって、九州地域においてアクセスが容易な場所に、地域共同的な放射光施設を持ちたいという研究者の希望が、佐賀県シンクロトロン光応用研究施設事業（以下佐賀計画と呼ぶ）として実現する運びと成ったのは当然の帰結である。

九州地域では独自の放射光施設を持ちたいという希望が強く有り、すでに十数年前から放射光計画を進めていた。地元大学・自治体・産業界のシンクロトロン光計画に対す

る期待が高く、佐賀計画はすでに1997年から事業調査が開始され、2000年には実施設計がスタートしている。

この佐賀計画のことは全国的には余り知られていないようなので、皆様に理解を深めて頂きたく、佐賀計画の報告記事をお引き受けした。本来ならば事業主体である佐賀県の担当者が紹介するのが筋かもしれないが、佐賀大学が全面的に協力してきた経緯から、私共が代わって報告することにした次第である。

2. 歴史的経緯

佐賀計画も、多くの将来計画と同様に一朝一夕に実現する運びになった訳ではない。1989年に新聞報道された産官学のシンクロトロン光応用研究施設構想が佐賀大学理工学部の伊藤栄彦教授らを中心に提唱されて以後、日の目を見るまでに歳月を要した。その間の研究者の努力は、国の科学技術政策大綱の閣議決定（1992）、科学技術基本法（1995）や科学技術基本計画の策定（1996）の流れの中で、佐賀県科学技術会議（座長：佐古佐賀大学長）において報われることとなった。同会議は、科学技術振興ビジョン検討の中で、地域産業の高度化や新産業の育成のためには、佐賀大学・佐賀医科大学などの基礎的な研究分野での研究資源や研究機能を活用した新たな研究開発拠点の整備が重要であることを指摘し、シンクロトロン光応用研究施設計画を提唱した（1997）。すなわち、福岡県と佐賀県が進める九州北部学術研究都市整備構想（アジアス九州）との関連において、シンクロトロン光応用研究施設整備事業の重要性が指摘され、科学技術発展と産官学連携の拠点として佐賀計画がスタートすることとなった。

佐賀県は、1997年に地域の研究施設整備調査を開始するとともに、1998年にはシンクロトロン光応用研究施設整備検討委員会（委員長：木原元央 KEK 加速器研究施設

* 佐賀大学シンクロトロン光応用研究センター 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄町1番地
TEL: 0952-28-8854 FAX: 0952-28-8855 E-mail: kamada@cc.saga-u.ac.jp

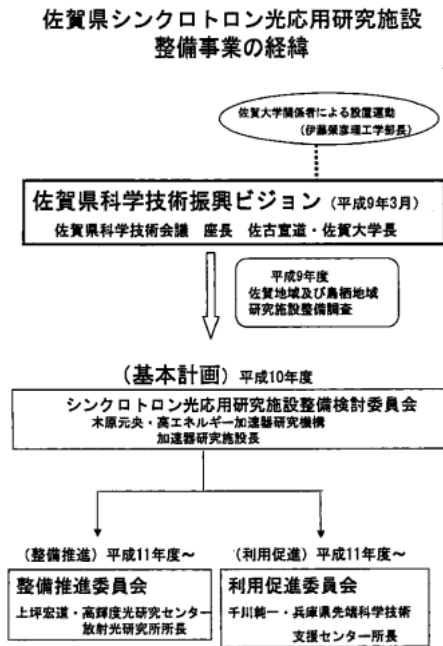


Figure 1. History of the Saga Project.

長)において基本計画を策定し、1999年より同整備推進委員会(委員長:上坪宏道 JASRI 所長)ならびに同利用促進委員会(委員長:千川純一兵庫県先端科学技術支援センター所長)を開いて、光源整備と利用促進の検討を行った。1999年以降、光源の基本設計・実施設計が光源ワーキングチーム(リーダー:富増多喜夫自由電子レーザー研究所特別顧問)により行われ、現在、佐賀リングの光源設計について評価委員会(委員長:渡辺誠東北大学教授)の審査が行われているところである。

3. 佐賀県シンクロtron光研究施設計画の基本方針

佐賀県シンクロtron光応用研究施設(SL施設と呼ぶ)の事業目的は、産官学連携による研究開発拠点として、九州では初めてのシンクロtron光施設を整備し、そこから生まれる産業応用研究の成果を生かして、地域産業の高度化や新産業の育成などの地域産業への波及効果を狙うことである。これは、従来のシンクロtron光を利用した研究が基礎的研究中心であったのに対して、産業利用の可能性の高まりに応じて、次世代の産業応用に力点を置いた研究開発中心にするものである。また、九州で初めてのSL施設であるので、地域や国境、産官学の垣根を越えた多様な連携を行うことにより、アジアワイドの産業開発研究交流拠点にしようとするものである。

Table 1に、県の掲げるSL施設の基本方向を示した。すなわち、①産官学共同研究、各種研究支援などにより、地域産業の研究開発や新製品・新技術開発に向けた取り組みを促進するとともに、シンクロtron光と関連が深い分野における新規産業の創造を図る。②国内はもちろん、ア

Table 1. Concept of the Saga Project

- ① 地域産業の高度化と新規産業の創出
- ② 優秀な頭脳の集積
- ③ 多様な産官学連携拠点の形成
- ④ 先端科学技術を担う人材の育成
- ⑤ 科学技術への理解の促進

Table 2. Characteristics of the Saga Project

- ① 九州初のシンクロtron光施設
- ② 地方自治体が設置する初めてのシンクロtron光施設
- ③ 新産業創造と地域産業高度化に向けた高輝度光産業開発交流拠点
- ④ 小規模の高輝度リングであり、かつウイグラー利用で硬X線利用も可能
- ⑤ 立地場所のアジア諸国への地理的優位性と優れた交通体系によるアクセス利便性

Table 3. Access information for the Saga Ring

JR 利用: 鳥栖—博多	20分 (特急)
鳥栖—佐賀	15分 (特急)
鳥栖—熊本	55分 (特急)
弥生が丘—鳥栖	5分 (普通)
SL 施設—弥生が丘	15分 (徒歩)
飛行機+車利用: 福岡空港—SL 施設	30分
佐賀空港—SL 施設	50分
車利用: 九州横断自動車道鳥栖 IC より	5分

ジアをはじめとした国外からの利用を促進し、優秀な頭脳(研究者、技術者)の集積を図る。③産官学共同研究や地域内の各大学による共同研究を促進することにより、多様な交流・連携を促進する。また、施設運営に関して、シンクロtron光施設と大学間で効率的な連携体制の構築を図る。④施設を教育の場として利用し、シンクロtron光を活用した先端的な研究や調査・分析を行う人材育成を図る。⑤シンクロtron光の産業利用の啓発や教育・文化面での利用を図り、産業界、学生・児童をはじめ一般の人々の科学技術に対する理解と関心を深める、ことを目指している。

なお、Table 2には、佐賀計画の特徴を示したが、九州初のシンクロtron光施設であり、かつ地方自治体が設置する初めてのシンクロtron光施設であることもあって、新産業創造と地域産業高度化に向けた高輝度光産業開発交流拠点などへの期待が大きい。

4. 設置場所と建物

SL施設へのアクセスの利便性をTable 3に、Figure 2にSL施設の設置場所の地図を示した。SL施設の設置される鳥栖市はJR九州鹿児島本線と長崎本線の交差点であり、従来交通の要所として栄えてきたところである。一番近

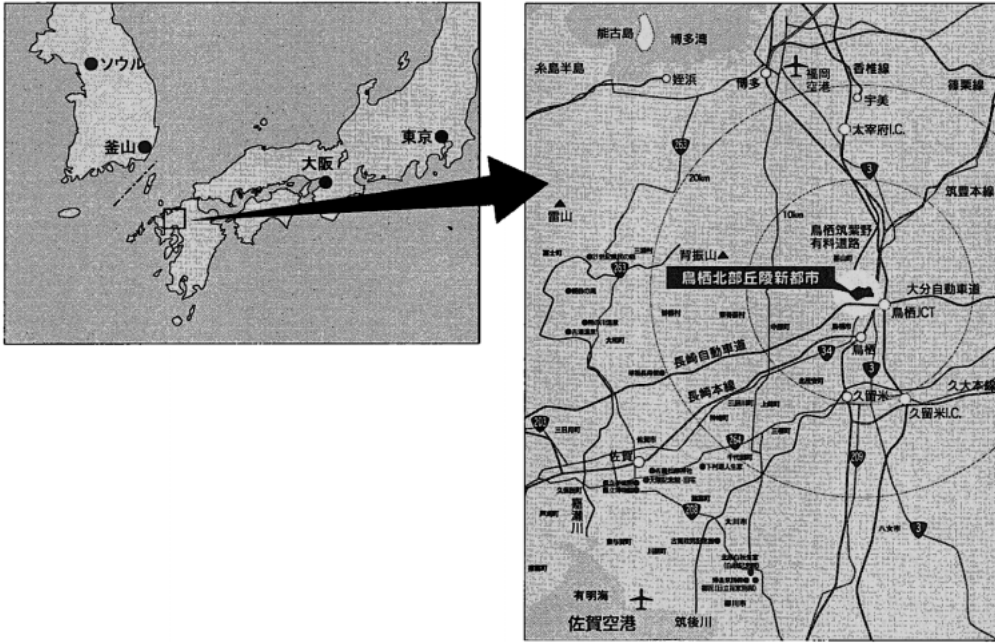


Figure 2. Location of the Saga Ring.

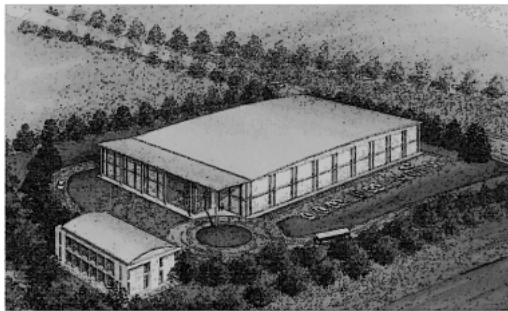


Figure 3. The building of the Saga Ring.

い駅は、鳥栖駅より博多側に2番目の弥生が丘という名前の新駅であり、そこから徒歩15分である。SL施設に一番近い公的研究機関は鳥栖市にある産総研九州センターであり、車で10分程度である。ついで九大春日原キャンパスがJR利用+徒歩で約25分、佐賀大学キャンパスが一時間程度である。鳥栖駅へは、博多駅から20分、熊本駅から1時間弱で来られるので、その他の大学からも日帰りが可能である。また上海や浦項などから1時間余りの福岡空港や地元の佐賀空港からは、それぞれ車でSL施設まで約30分、50分であり、九州横断自動車道鳥栖ICから5分である。このようにアジアや九州地域の研究者にとって便利な場所に設置されている。

なお、遠方からの利用者のための宿泊施設も建設予定であり、SL施設に隣接してできることになっている。**Figure 3**に建物完成予想図を示すが、実験・研究棟は、4,437 m²の広さである。一階には、入射器室、蓄積リン

Table 4. Main parameters of the Saga Ring (in case without a wiggler)

電子エネルギー :	1.4 GeV
周長 :	75.6 m
曲率半径 :	3.2 m
RF 周波数 :	499.8 MHz
ハーモニク数 :	126
エミッタンス :	25.5 nm•rad
臨界波長 :	1.9 keV
ビームサイズ (σ_x, σ_y) :	181,114 μm for 偏向部 (4°) 199,150 μm for 偏向部 (5°) 582,127 μm for 直線部
パンチ長 :	11.2 mm (1 σ at 500 kV)
入射器 :	リニアック (250 MeV)
挿入光源 :	ウイグラー (5 T-7.5 T) アンジュレーター

グ室、実験ホール、実験準備室、ケミカルラボ、工作室、事務室などがあり、2階には、研究室、実験室、セミナー室、見学ブースなどがある。宿泊棟は、578 m²の広さであり、二階建てで18の個室と交流スペースがある。

5. 光源仕様

Figure 4に1階部分の平面図を、**Table 4**に光源パラメーター(ウイグラーなしの場合)を示した。周長75.6 mとコンパクトでありながら、かつ電子エネルギー1.4 GeV、臨界エネルギー1.9 keVでエミッタンス25.5 nm•radを達成する設計となっている。さらに長直線部にアンジュレーターを入れて、より高輝度光を希望するユーザー

実験・研究棟 (1階部分) 平面図

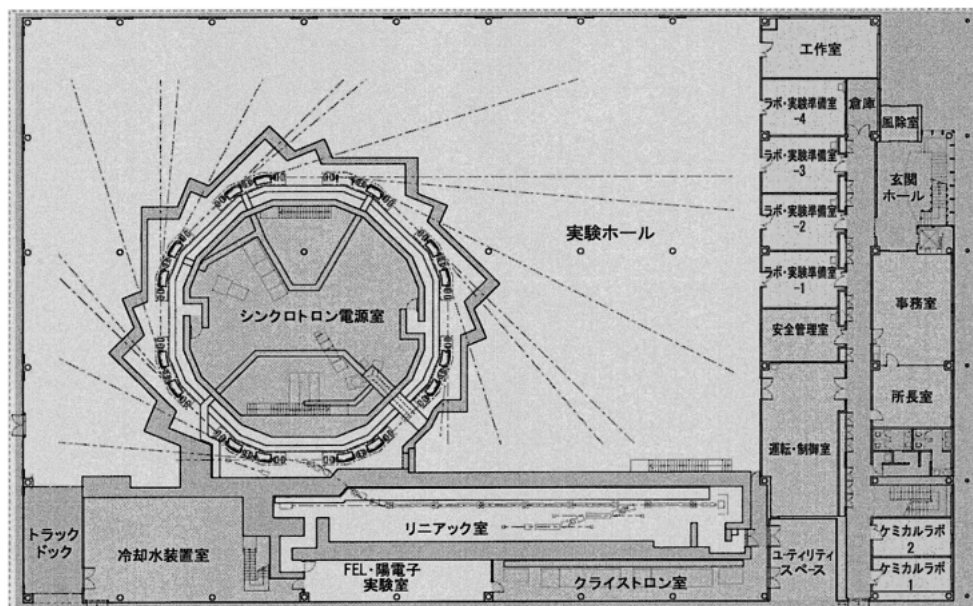


Figure 4. A plan view of the Saga Ring.

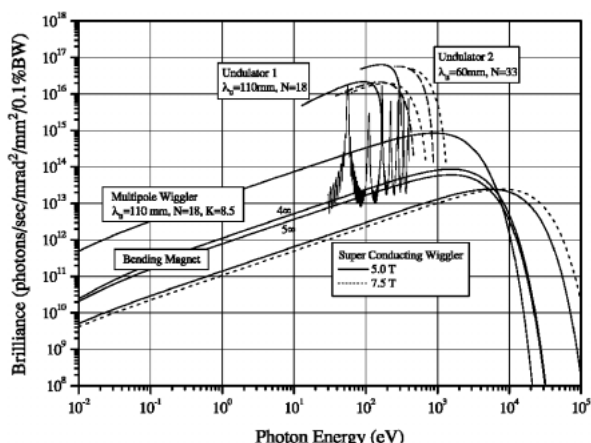


Figure 5. Brilliance spectra of the synchrotron light from a dipole magnet, undulators and a wiggler.

の期待にも応えることを考えている。5-7.5 Tのウイグラーを入れるとエミッタンスは $46.6 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ に増加するが、臨界エネルギー6.5-9.8 keVの硬X線が期待できる。

Figure 5に、佐賀リングから期待される放射光の輝度スペクトルを示した。アンジュレーターは、周期長と周期数が60 mmと33、110 mmと18として、ウイグラーなしの場合について計算した。また、マルチポールウイグラーは後者のアンジュレーターのギャップを30 mmにした場合($K=8.5$)の計算である。このように、佐賀リングは、偏向部では、約10 keV以下の利用に向いており、約1 keV以下の真空紫外・軟X線領域ではアンジュレーターが威

力を発揮する。8 keV以下ではマルチポールウイグラーが効果的であり、ウイグラー利用で約40 keV以下の硬X線利用が期待できる。また、単バンチ運転可能な設計になっているので、サブナノ秒領域での時間分解測定も期待される。250 MeVの電子入射器から打ち込まれた電子は、蓄積リングで1.4 GeVに加速されるので、すべてコンクリートで遮蔽されている。そのため、遮蔽壁外のビームラインや実験ステーションのスペースが制限されているが、将来の建物拡張を考えた設計になっているとのことである。またリニアックを使った赤外自由電子レーザーの話などもあり、将来構想が具体的になる日が来ることを期待している。

6. ビームライン

Figure 4の実験ホールにはビームライン、実験ステーションが設置される。利用可能な長直線部は5-6本であり、11-13本は偏向部からの放射光利用になる。最長38 mと魅力的な所もあるので、現在関係者の間でビームラインの分岐や利用について検討がされているところである。県は当初3本の汎用ビームラインを設置する予算を確保しており、産業利用のための分析サービス用ビームラインなどを検討している。一方、九州地域の大学(佐賀大学、佐賀医科大学、九州大学、九州工業大学、福岡大学など)を中心とした研究者達は、平成12年度から県利用フォーラム研究会として分野ごとに集まりつつあり、研究実施計画やビームライン仕様、予算などの具体的議論や独自予算獲得に向けての活動が本格化しつつある。Figure 6は、現在登録されている利用フォーラム研究会名と代表者を示し

「佐賀県シンクロトロン光応用研究施設（仮称）」利用研究フォーラム スキーム図

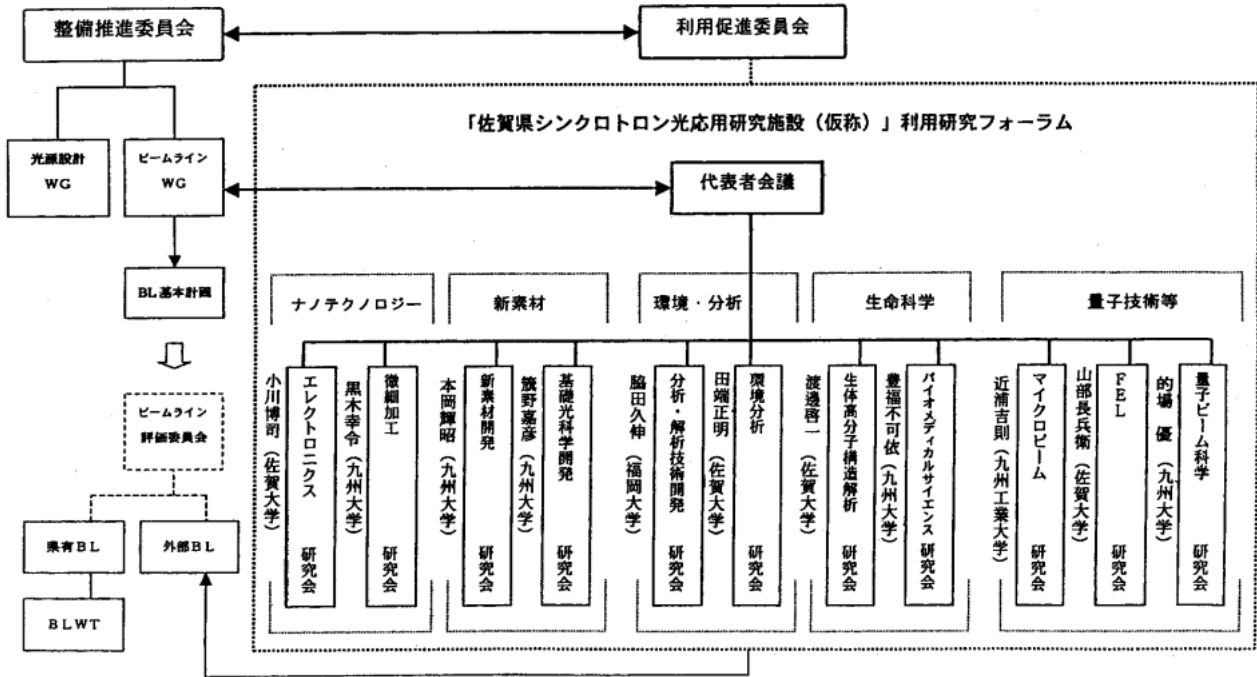


Figure 6. Organization scheme of the users.

整備スケジュール —これまでの経緯と今後の計画—

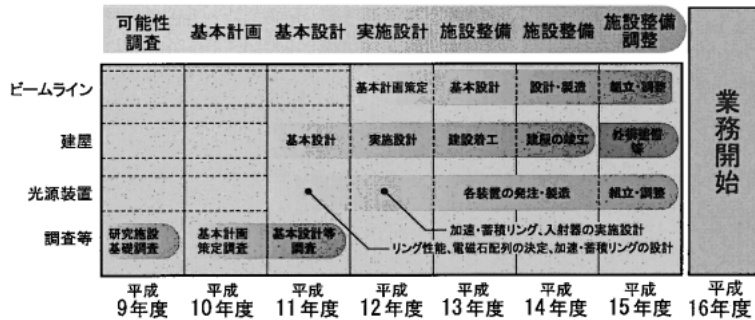


Figure 7. Schedule of the Saga Project.

たものである。各研究会には、代表者の大学以外にも広く参加可能であり、九州地域以外の研究者も参加している。現在11の研究会が登録されているが、まだ増えそうである。

佐賀リングは、県立ではあるが、単に佐賀県だけのための利用に限定している訳ではなく、九州地域はもとよりアジアワイドの利用までを念頭においたユーザーフレンドリーなシンクロトロン光施設を目指している。県がこの施設事業を行う目的は、歴史的経緯のところで述べたように、地元大学の知的資源を基に、先端的な科学技術の発展や頭脳の集積などを行い、地域産業の高度化や新規産業の

創出を図りたい、という県科学技術会議の答申に基づいているので、大学からのビームライン設置や利用希望を歓迎しており、連携して地域の次世代産業のための科学技術発展を行うことを期待している。

7. 計画の進捗状況

Figure 7に事業の整備スケジュールを示す。光源設計は平成11年度から開始され、平成13年度の評価過程を経て、建設段階に入ろうとしている段階である。ビームラインは、平成16年度開業に向けて基本設計から実施設計の段階に向かいつつある。建物については、Figure 8に示



Figure 8. News for the starting of the Saga Ring.

したように平成13年10月に鍍入れ式が行われ、県知事、鳥栖市長、地元県議、市議や佐賀大学長ならびに県と大学のシンクロトロン光計画関係者の見守りの中で厳粛に行われた。Figure 9は平成14年1月末現在の建設現場の写真である。重量物である磁石を支える床のコンクリートの一部流し込みが終わり、右手前方に見えるリニアック室の遮蔽コンクリート用の鉄筋組みが行われていた。左手遠方に見えるのが作業員の詰所で、右手遠方の立ち木の裏手が公園である。



Figure 9. Recent picture of the building under construction.

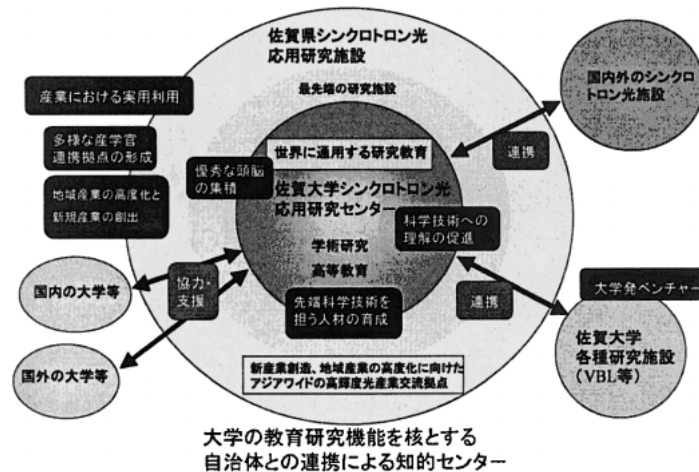


Figure 10. Concept of Synchrotron Light Application Center, Saga University.

8. 佐賀大学シンクロtron光応用研究センター

最後に佐賀大学シンクロtron光応用研究センターの紹介をさせて頂く。佐賀計画は地域拠点の中型リングとはいえ、計画内容の高度性と専門性からも、将来発展を意識した人材養成の視点からも、しっかりとした専門的組織が必要ではないかという関係者の声を受けて、平成12年度に佐賀県知事から佐賀大学長に協力依頼があった。それまで理工学部を中心とする研究者が県に協力して進めていた段階から、正式に大学として協力するために、平成13年6月に同センターが学内処置でスタートした。したがって、センターの運営委員として、佐賀大学関係者以外に、佐賀医科大学、九州大学、産総研九州センターなど地元大学・研究機関からの参画が図られている。また、加速器分野、放射光分野の専門家として、木原先生、渡辺先生のご参加を願っている。

センターは、従来の佐賀大学の有するシンクロtron光利用の萌芽的研究や学術的資産を基に、シンクロtron光利用研究を行う先進的な研究拠点であり、半導体ナノテクノロジーや光プロセス、表面・界面ダイナミクス、環境保全技術、バイオテクノロジー、たんぱく質構造解析などの研究を基礎から応用、開発までの一貫した視点で行うという独自の戦略的研究課題を掲げている。また、佐賀リング計

画を成功裏に導くために県に全面的に協力する地域共同研究施設的な学術拠点であり、さらに地域産業育成への啓蒙・教育や国内外の各分野との交流、産官学連携などを行う頭脳拠点である。

9. まとめ

九州初のシンクロtron光施設が、佐賀県の手で鳥栖市に建設されつつある。地方自治体が建設する初めての放射光施設であり、地域産業利用への期待が持たれている。異なった組織間に付きものの諸問題を乗り越えつつ、県(官)と大学(学)の連携・協力によって、計画は進行している。すでに多くの利用フォーラム研究会が立ち上がっており、利用への期待が大きく膨らんでいる。その一方で、日本経済の落ち込みや産業基盤の脆弱性がもろに九州地域に現れており、放射光を支える技術基盤や人材が大都市地域と比べて弱いという問題がある(逆にいうとそれだけ本計画を将来発展の起爆剤にしたいという地元の期待が高い)。全国の放射光関係者のご支援・ご協力を切にお願いしたい。(佐賀計画について無報酬のボランティア協力者を求める! 連絡先: 佐賀大学 SL センター 鎌田, kamada@cc.saga-u.ac.jp)